

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-074605

(43)Date of publication of application : 18.03.1997

(51)Int.Cl.

B60L 7/10
B60L 11/18
G05D 17/00
H02P 3/18

(21)Application number : 07-227825

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 05.09.1995

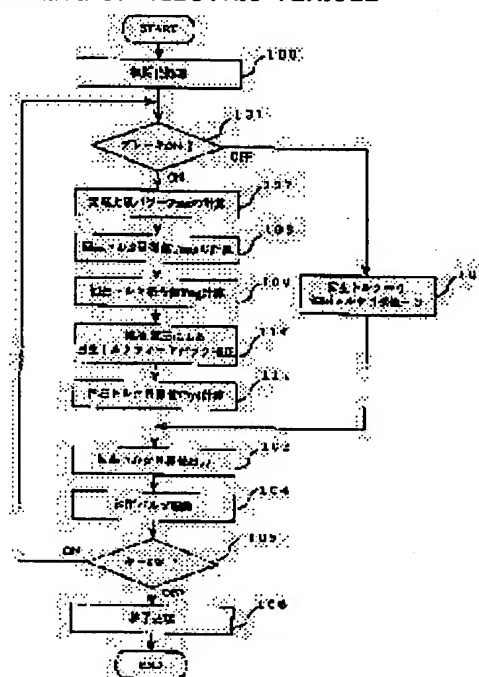
(72)Inventor : YAMAOKA MASAOKI

(54) DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING REGENERATIVE BRAKING OF ELECTRIC VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the regeneration energy.

SOLUTION: A charging upper-limit power P_{batt} is determined according to the SOC and temperature of a battery (107), a regeneration torque upper-limit value T_{max} (108) is obtained by dividing it by the motor speed, and comparing the result with a motor rating a regeneration torque target value T_{reg} (109) is obtained by. By feeding back a battery voltage, a regeneration torque target value T_{reg} is compensated (110) and is subtracted from a requested braking torque, thus obtaining a hydraulic torque target value T_{hyd} (111). A regeneration torque and a hydraulic torque are controlled according to the regeneration torque T_{reg} and the hydraulic torque target value T_{hyd} (102 and 103).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3360499

[Date of registration]

18.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the regenerative-braking control unit which controls the regenerative-braking force generated by the motor according to the control objectives which are carried in electric rolling stock equipped with the motor driven with the discharge output of the cell in which charge and discharge are possible, and a cell, and are serially determined according to demand damping force The regenerative-braking control unit characterized by having a means to detect the condition of a cell, and the rotational frequency of a motor, a means to determine a charge power upper limit based on the condition of a cell, and a means to restrict the upper limit of the control objectives of the regenerative-braking force based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor.

[Claim 2] The regenerative-braking control unit characterized by having a means to detect the electrical potential difference of a cell, and a means to reduce the control objectives of the regenerative-braking force when the electrical potential difference of a cell exceeds the predetermined maximum allowed value, in a regenerative-braking control unit according to claim 1.

[Claim 3] The regenerative-braking control unit characterized by having a means to set the value which subtracted the control objectives of the regenerative-braking force from demand damping force as the control objectives of hydrostatic pressure damping force in a regenerative-braking control unit according to claim 1 or 2, and the means which carries out increase and decrease of the hydrostatic pressure damping force which acts on the driving wheel of the above-mentioned electric rolling stock of control according to the control objectives.

[Claim 4] In the regenerative-braking control approach performed with electric rolling stock equipped with the motor driven with the discharge output of the cell in which charge and discharge are possible, and a cell The step which detects the condition of a cell, and the rotational frequency of a motor, and the step which determines a charge power upper limit based on the condition of a cell, The regenerative-braking control approach characterized by having the step which determines the control objectives of the regenerative-braking force serially according to demand damping force, and the step which controls the regenerative-braking force generated by the motor according to the control objectives, restricting the upper limit based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor.

[Claim 5] The regenerative-braking control approach characterized by having the step which detects the electrical potential difference of a cell, and the step which reduces the control objectives of the regenerative-braking force when the electrical potential difference of a cell exceeds the predetermined maximum allowed value in the regenerative-braking control approach according to claim 4.

[Claim 6] The regenerative-braking control unit characterized by having the step which sets the value which subtracted the control objectives of the regenerative-braking force from demand damping force as the control objectives of hydrostatic pressure damping force in the regenerative-braking control approach according to claim 4 or 5, and the step which carries out increase and decrease of the hydrostatic pressure damping force which acts on the driving wheel of the above-mentioned electric rolling stock of control according to the control objectives.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the regenerative-braking control unit and approach which are carried in electric rolling stock.

[0002]

[Description of the Prior Art] In charging rechargeable batteries, such as a lead cell and a NiMH cell, overcharge must be avoided. If it results in a remarkable overcharge condition, inside this kind of cell, gas occurs by disassembly of the electrolytic solution. This generation of gas causes compaction of the life of a cell. On the other hand, in electric rolling stock made to generate driving force by the motor, such as an electric vehicle, regenerative braking which charges a cell as one of the control approaches with the braking energy collected by the motor for car transit is used. With the equipment currently indicated by JP,5-161215,A, overcharge of the cell accompanying regenerative braking is suitably prevented by restricting the upper limit of the regenerative-braking force (torque) according to the charge depth (DOD) or the charge condition (SOC), and temperature of a cell.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in JP,5-161215,A, since the upper limit of the regenerative-braking force was uniformly restricted according to DOD and SOC of a cell, there was fault that it could not be said that regenerative braking is fully used when the regenerative-braking force limit for overcharge prevention may be performed, therefore the energy efficiency of a car is improved, although there is actual still room of charge. at the same time it prevents overcharge of the cell accompanying regenerative braking suitably by making as a technical problem that this invention solves such a trouble, and introducing a new element into the regenerative-braking force limit for overcharge prevention -- regenerative braking -- an improvement of the energy efficiency of a car -- the maximum -- it aims at making it available. This invention aims at enabling management also to aging and dispersion of a property of a cell again. This invention aims at making controllable further damping force of the sum total including the regenerative-braking force correctly for the purpose of demand damping force.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such a purpose, the 1st configuration of this invention In the regenerative-braking control unit which controls the regenerative-braking force generated by the motor according to the control objectives which are carried in electric rolling stock equipped with the motor driven with the discharge output of the cell in which charge and discharge are possible, and a cell, and are serially determined according to demand damping force It is characterized by having a means to detect the condition (for example, SOC and temperature) of a cell, and the rotational frequency of a motor, a means to determine a charge power upper limit based on the condition of a cell, and a means to restrict the upper limit of the control objectives of the regenerative-braking force based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor. Thus, in this configuration, a charge power upper limit is determined according to the condition of a cell, and the upper limit limit of the control objectives of the regenerative-braking force is carried out based on the rotational frequency and charge power upper limit of the motor which is the element which influences charge power with the regenerative-braking force. Therefore, unlike the configuration which restricts the regenerative-braking force uniformly irrespective of the rotational frequency of a motor like JP,5-161215,A, it becomes available about regenerative braking at an improvement of the energy efficiency of a car to the maximum extent. Of course, overcharge of the cell accompanying regenerative braking is also prevented suitably.

[0005] The 2nd configuration of this invention is characterized by having a means to detect the electrical potential difference of a cell, and a means to reduce the control objectives of the regenerative-braking force when the electrical potential difference of a cell exceeds the predetermined maximum allowed value in the 1st configuration. Therefore, in spite of having restricted the upper limit of the control objectives of the regenerative-braking force based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor, also when it originates in aging and dispersion of a property of a cell and the electrical potential difference of a cell has exceeded the predetermined maximum allowed value, in this configuration, overcharge of a cell is suitably prevented by reduction of the control objectives of the regenerative-braking force.

[0006] The 3rd configuration of this invention is characterized by to have a means set the value which subtracted the control objectives of the regenerative-braking force from demand damping force as the control objectives of hydrostatic pressure damping force, and the means (for example, the bulb which increases the hydrostatic pressure which acts on a driving wheel and the bulb to reduce) which carries out increase and decrease of the hydrostatic pressure damping force which acts on the driving wheel of the above-mentioned electric rolling stock of control according to the control objectives in the 1st or 2nd configuration. The part to which demand damping force exceeds the upper limit of the control objectives of the regenerative-braking force, and a decreased part of the regenerative-braking force produced as a result of reduction of the control objectives in the 2nd configuration are compensated [in / therefore / this configuration] with hydrostatic pressure damping force. Consequently, the damping force of the sum total including the regenerative-braking force and hydrostatic pressure damping force is correctly controlled for the purpose of demand damping force in spite of a limit thru/or fluctuation of the regenerative-braking force.

[0007] In the regenerative-braking control approach performed with electric rolling stock equipped with the motor driven with the discharge output of the cell in which the charge and discharge of the 4th configuration of this invention are possible, and a cell The step which detects the condition of a cell, and the rotational frequency of a motor, and the step which determines a charge power upper limit based on the condition of a cell, It is characterized by having the step which determines the control objectives of the regenerative-braking force serially according to demand damping force, and the step which controls the regenerative-braking force generated by the motor according to the control objectives, restricting the upper limit based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor. The 5th configuration of this invention is characterized by having the step which detects the electrical potential difference

of a cell, and the step which reduces the control objectives of the regenerative-braking force when the electrical potential difference of a cell exceeds the predetermined maximum allowed value in the 4th configuration. The 6th configuration of this invention is characterized by having the step which sets the value which subtracted the control objectives of the regenerative-braking force from demand damping force as the control objectives of hydrostatic pressure damping force, and the step which carries out increase and decrease of the hydrostatic pressure damping force which acts on the driving wheel of the above-mentioned electric rolling stock of control according to the control objectives in the 4th or 5th configuration. According to these configurations, the regenerative-braking control approach that it is suitable for the 1st thru/or the 3rd configuration, respectively is realized.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the suitable operation gestalt of this invention is explained based on a drawing.

[0009] The system configuration of the electric vehicle concerning 1 operation gestalt of this invention is shown in drawing 1. In this system, the three-phase-alternating-current motor is used as a motor 16 for car transit, and a motor 16 is driven with the discharge output of the cell 18 supplied through an inverter 17. While a motor (electronic control unit) ECU 19 determines the control objectives of power running torque according to the amount of treading in and shift position of an accelerator pedal, the rotational frequency ω_m of a motor 16 is detected and it controls the power conversion actuation by the inverter 17 according to the motor current desired value which asked for and asked for the control objectives of a motor current based on the determined power running torque desired value and the detected motor rotational frequency ω_m . Thereby, the power running torque according to the amount of treading in of an accelerator pedal etc. is outputted from a motor 16. Facing performing an above-mentioned procedure, a motor ECU 19 amends power running torque desired value if needed with reference to SOC of the cell 18 detected by the cell ECU 20, temperature, an electrical potential difference, etc.

[0010] The car shown in drawing 1 carries oil pressure braking (hydrostatic pressure braking according to incompressible fluid in general), and regenerative braking as a braking means. First, the hydraulic line concerning oil pressure braking has resulted [from the master cylinder 1] in the wheel cylinder 3 of a front-side through the boost bulb 6 of a rear side again at the wheel cylinder 4 of a rear side through the boost bulb 5 of a front-side, respectively. A master cylinder 1 generates the oil pressure according to the amount of treading in of the brake pedal by the car pilot. Moreover, the boost bulbs 5 and 6 are opened and closed according to the command from regeneration ECU 21. If the boost bulb 5 is opened in the condition of having closed the reducing valve 7 mentioned later, since damping oil will be introduced into a wheel cylinder 3 from a master cylinder 1, the oil pressure of a wheel cylinder 3 also rises according to the oil pressure rise in a master cylinder 1 (boost). On the contrary, if the boost bulb 5 is closed in the condition of having closed the reducing valve 7, since installation of the damping oil from a master cylinder 1 to a wheel cylinder 3 will be intercepted, the oil pressure of a wheel cylinder 3 is held irrespective of the oil pressure rise in a master cylinder 1. The boost bulb 6 operates similarly. Wheel cylinders 3 and 4 make the damping torque (it is called oil pressure torque below) by oil pressure act on a front wheel or a rear wheel, respectively. In addition, although this drawing shows the example of a front drive vehicle, this invention is applicable also to a rear drive vehicle or a four-wheel drive car.

[0011] Further, the hydraulic line concerning oil pressure braking resulted [from a wheel cylinder 3 or 4] in the reservoir tank 13 through the reducing valve 7 of a front-side or a rear side, or 8, and has resulted [from the reservoir tank 13] in the FURUDO tank 14 or the master cylinder 1 through the hydraulic pump 12, the check valve 11, and the change valve 15. Reducing valves 7 and 8 are opened and closed according to the command from regeneration ECU 21. generating of oil pressure [in / if the boost bulb 5 is closed and a reducing valve 7 is opened, since damping oil will be discharged by the reservoir tank 13 from a wheel cylinder 3 / a master cylinder 1] -- the oil pressure of a wheel cylinder 3 falls irrespective of how (reduced pressure). A hydraulic pump 12 feeds into the change valve 15 side the damping oil currently stored in the reservoir tank 13 according to the command from regeneration ECU 21. According to the command from regeneration ECU 21, it changes whether the change valve 15 introduces into it and a master cylinder 1 whether the damping oil fed from a hydraulic pump 12 is discharged on the FURUDO tank 14. The check valve 11 has protected that damping oil is introduced into a hydraulic-pump 12 side from the change valve 15 side.

[0012] Regeneration ECU 21 detects oil pressure [in / for oil pressure / in / for the oil pressure in a master cylinder 1 / by the pressure sensor 2 / a wheel cylinder 3 / by the pressure sensor 9 / a wheel cylinder 4] with a pressure sensor 10, respectively. Regeneration ECU 21 determines the desired value of the damping torque (it is called regeneration torque below) by regeneration, and the desired value of oil pressure torque using a detection result, and while giving the determined regeneration torque desired value to a motor ECU 19 and making regenerative braking perform, it controls reducing valves 7 and 8 in the boost bulb 5 and 6 lists according to the determined oil pressure torque desired value. Regeneration ECU 21 prevents bottoming (lack of damping oil) of a master cylinder 1 by controlling a hydraulic pump 12 and the change valve 15 suitably again.

[0013] The flow of actuation of regeneration ECU 21 is shown in drawing 2. Regeneration ECU 21 judges whether after performing initialization processing of a setup of an internal parameter etc. first immediately after initiation of operation, (100) and a brake pedal are stepped on (101). This judgment is realizable as a judgment of whether the oil pressure detected by the pressure sensor 2 is over the predetermined value. of course, the thing which the brake switch (not shown) attached to the brake pedal turned on -- with, you may judge with the brake pedal having been stepped on. When the brake pedal is not stepped on, both the regeneration ECU 21 sets the regeneration torque desired value T_{reg} and the oil pressure torque desired value T_{hyd} as 0 (102), gives the regeneration torque desired value T_{reg} set up on it to a motor ECU 19 (103), and drives bulbs 5-8 according to the oil pressure torque desired value T_{hyd} set as coincidence (104). Regeneration ECU 21 drives a hydraulic pump 12 and the change valve 15 if needed in that case. If a key switch is turned off by the car pilot (105), regeneration ECU 21 will perform a predetermined post process (106), and will end actuation. Regeneration ECU 21 repeats the actuation after step 101 until a key switch is turned off.

[0014] If a brake pedal is stepped on, regeneration ECU 21 will determine the charge upper limit power P_{batt} by referring to the P_{batt} table built in at SOC and temperature of a cell 18 which are detected by the cell ECU 20 (107). Regeneration ECU 21 is based on the determined power rating P_{mot} of the charge upper limit power P_{batt} and a motor 16, and is the following formula [several 1].

$P_{min} = \text{Min}(P_{batt}, P_{mot})$ (however, Min minimum value function)

By performing ***** , the power constraint value P_{min} is calculated, and it is further based on the motor rotational frequency ω_m detected by the motor ECU 19, and is the following formula [several 2]. The regeneration torque upper limit T_{max} is determined by performing the operation of $T_{max} = P_{min} / \omega_m$ (108). By multiplying the oil pressure P_{mc} of the master cylinder 1 detected by the pressure sensor 2 by oil pressure and the torque transform coefficient K , regeneration ECU 21 calculates demand damping torque $K \cdot P_{mc}$, is based on the regeneration torque upper limit T_{max} determined as calculated demand damping torque $K \cdot P_{mc}$, and is the following formula [several 3]. $T_{reg} = \text{Min}(K \cdot P_{mc}, T_{max})$

The regeneration torque desired value T_{reg} is determined by performing ***** (109). Regeneration ECU 21 converts into torque value ΔV which subtracted the latter from the former when the electrical potential difference of the cell 18 detected by the cell ECU 20 exceeded the predetermined maximum allowable voltage, is based on value ΔT obtained by conversion, and is the following formula [several 4]. The regeneration torque desired value T_{reg} is amended by performing the operation of $T_{reg} = T_{reg} - \Delta V$

T (110). Regeneration ECU 21 is the following formula [several 5]. By performing the operation of $\text{Thyd} = K - \text{Pmc} - \text{Treg}$, the oil pressure torque desired value Thyd is calculated (111). Actuation of regeneration ECU 21 shifts to step 103 after this.

[0015] The principle of operation and the advantage of this operation gestalt are shown in drawing 3 - drawing 7. In order to avoid ** overcharge, paying one's attention with this operation gestalt That what is necessary is just to make it the electrical potential difference of a cell 18 not exceed the maximum allowable voltage, and in order to revive much braking energy from a motor 16 to a cell 18 as it can ** Do Correlation is [that it is necessary to enlarge regeneration torque as much as possible,] between the instant charge power of the ** cell 18, and an electrical potential difference, ** In order to avoid overcharge, reviving that the instant charge power of a cell 18 is the motor rotational frequency ω_m and the function of regeneration torque, **, therefore as much braking energy as possible what is necessary is just to control regeneration torque to become the highest possible electrical potential difference in the range in which the electrical potential difference of a cell 18 does not exceed the maximum allowable voltage -- it comes out.

[0016] First, the electrical potential difference of a cell 18 answers according to a first-order-lag response characteristic (or property similar to this) to change of the charging current (refer to drawing 3). Therefore, from charging current change, it is stabilized when the time amount for about 5 seconds passes, and the instant charge power of the cell 18 given as the charging current of a cell 18 and a product of an electrical potential difference is also stabilized by the electrical potential difference of a cell 18 at the time. What is necessary is just to make it the instant charge power after stability not exceed the instant charge power of the maximum allowable voltage (namely, the above-mentioned charge upper limit power P_{batt}), as the electrical potential difference after stability does not exceed the maximum allowable voltage as a result, in order to prevent overcharge of a cell 18. The instant charge power of a cell 18 is another side, and the product of the output torque (in this case, regeneration torque) of a motor 16 and the motor rotational frequency ω_m also becomes settled (refer to drawing 4). Therefore, if the regeneration torque desired value Treg is determined based on this charge upper limit power P_{batt} and the motor rotational frequency ω_m after defining the charge upper limit power P_{batt} of the maximum allowable voltage according to SOC of a cell 18 etc. in case overcharge of a cell 18 is prevented, regeneration torque can be further made into the greatest value within limits which can prevent overcharge of a cell 18, as a result the greatest energy can be revived on a cell 18. The P_{batt} table shown in drawing 5 is an example of a table usable at step 107 so that it may define the charge upper limit power P_{batt} of the maximum allowable voltage. SOC and temperature of a cell 18 are matched with the charge upper limit power P_{batt} on this table. In the usual rechargeable battery, since the room of charge is lost with the rise of SOC, or the fall of temperature, the table shown in drawing 3 is designed so that the charge upper limit power P_{batt} may decrease with the rise of SOC and it may increase with the rise of temperature. In addition, it may replace with SOC and amounts, such as electrolytic-solution specific gravity of a cell 18, may be used.

[0017] Change of the braking force distribution between the oil pressure and regeneration accompanying advance of braking is shown in drawing 6 and drawing 7. Here, as a motor 16, in the field where the motor rotational frequency ω_m is high, the upper limit of regeneration torque is restrained by motor rating P_{mot} , the upper limit of regeneration torque is restrained by the motor maximum regeneration torque, and the motor which has the torque rotational frequency property that the regeneration torque output was forbidden is assumed by the field where the motor rotational frequency ω_m is very low in the field where the motor rotational frequency ω_m is low.

[0018] It is set to $\text{Treg} = K - \text{Pmc}$ and $\text{Thyd} = 0$ and demand damping torque $K - \text{Pmc}$ is provided by only regeneration until demand damping torque $K - \text{Pmc}$ will result in the regeneration torque upper limit T_{max} , if it gets into a brake pedal in the condition that the motor 16 is carrying out high-speed rotation as shown in drawing 6. In this condition, regeneration ECU 21 closes the boost bulb 5 and a reducing valve 7. If demand damping torque $K - \text{Pmc}$ exceeds the regeneration torque upper limit T_{max} after that, it will become $\text{Treg} = T_{\text{min}}$ and $\text{Thyd} = K - \text{Pmc} - T_{\text{min}}$ and a part of demand damping torque $K - \text{Pmc}$ will begin to be provided with oil pressure. In this condition, while $K - \text{Pmc} - T_{\text{min}}$ is increasing, regeneration ECU 21 opens the boost bulb 5, and closes a reducing valve 7. On the contrary, while $K - \text{Pmc} - T_{\text{min}}$ is decreasing, regeneration ECU 21 opens the boost bulb 5 and a reducing valve 7. If demand damping torque $K - \text{Pmc}$ is less than the regeneration torque upper limit T_{max} with the fall of the motor rotational frequency ω_m , it will be again set to $\text{Treg} = K - \text{Pmc}$ and $\text{Thyd} = 0$. Then, if the field where the motor rotational frequency ω_m is very low is reached, it will become $\text{Treg} = 0$ and $\text{Thyd} = K - \text{Pmc}$ and demand damping torque $K - \text{Pmc}$ will be provided only with oil pressure. Since it is possible in this operation gestalt to decompress the oil pressure of a wheel cylinder 3 so that clearly from progress of such braking, in spite of having restricted the regeneration torque desired value Treg according to the regeneration torque upper limit T_{max} , the damping torque of oil pressure and the regeneration sum total can always be made in agreement with demand damping torque $K - \text{Pmc}$. Moreover, since it is possible to decompress the oil pressure of a wheel cylinder 4 according to decompressing the oil pressure of a wheel cylinder 3, the braking force distribution between order rings can be made into an always good value.

[0019] Moreover, as shown in drawing 7, when it originates in dispersion and aging of a property and the electrical potential difference of a cell 18 exceeds the maximum allowable voltage temporarily, feedback which compensates regeneration torque for this is performed by actuation of the above-mentioned step 110. Therefore, the situation that the electrical potential difference of a cell 18 exceeds the maximum allowable voltage does not continue for a long time. That is, overcharge can always be prevented irrespective of dispersion and aging of a property of a cell 18. Moreover, since electrical-potential-difference feedback by step 110 is performed after restricting the regeneration torque desired value Treg according to the regeneration torque upper limit T_{max} , the above-mentioned ΔV is a small value, therefore gain of the electrical-potential-difference feedback by step 110 can be made small. Thereby, the control system concerning electrical-potential-difference feedback can be stabilized. Furthermore, although regeneration torque is changed by electrical-potential-difference feedback, since oil pressure torque is changed so that this may be compensated, demand damping torque $K - \text{Pmc}$ is always realizable.

[0020]

[Effect of the Invention] The rotational frequency of the motor which is the element which according to the 1st and 4th configurations of this invention determines a charge power upper limit according to the condition of a cell, and influences charge power with the regenerative-braking force as explained above, It becomes possible to make the most of regenerative braking in an improvement of the energy efficiency of a car, preventing overcharge of the cell accompanying regenerative braking suitably, in order to carry out the upper limit limit of the control objectives of the regenerative-braking force based on a charge power upper limit.

[0021] Since according to the 2nd and 5th configurations of this invention the control objectives of the regenerative-braking force were reduced when the electrical-potential difference of a cell exceeded the predetermined maximum allowed value, In spite of having restricted the upper limit of the control objectives of the regenerative-braking force based on the rotational frequency of a charge power upper limit and a motor, also when it originates in aging and dispersion of a property of a cell and the electrical potential difference of a cell has exceeded the predetermined maximum allowed value, overcharge of a cell can be prevented suitably.

[0022] In order to carry out increase and decrease of the liquid pressure damping force of control according to the value which subtracted the control objectives of the regenerative-braking force from demand damping force according to the 3rd and 6th configurations of this invention, The part to which demand damping force exceeds the upper limit of the control objectives of the

regenerative-braking force, and a decreased part of the regenerative-braking force produced as a result of reduction of the control objectives in the 2nd configuration It can compensate with hydrostatic pressure damping force, and the damping force of the sum total including the regenerative-braking force and hydrostatic pressure damping force can be correctly controlled for the purpose of demand damping force in spite of a limit thru/or fluctuation of the regenerative-braking force.

[0023]

[Supplement] This invention can be grasped also as following configurations.

[0024] When, as for the 7th configuration of this invention, the control objectives of hydrostatic pressure damping force increase in the 3rd or 6th configuration, The incompressible fluid for braking is introduced for example, by the boost bulb to the hydrostatic pressure operation member (for example, wheel cylinder) which makes hydrostatic pressure act on the driving wheel of the above-mentioned electric rolling stock from the liquid pressure generating member (for example, master cylinder) which generates the hydrostatic pressure equivalent to target damping force. When the control objectives of hydrostatic pressure damping force decrease, the incompressible fluid for braking is discharged from a hydrostatic pressure operation member with a reducing valve to a predetermined tank member (for example, reservoir tank). While the hydrostatic pressure generating member is demanding installation of the incompressible fluid for braking, it is characterized by introducing into a hydrostatic pressure generating member with a pump the compressible fluid for braking currently stored by the back tank member discharged from the hydrostatic pressure operation member. According to this configuration, the incompressible fluid for braking can be used effectively and bottoming of the incompressible fluid for braking in a hydrostatic pressure generating member can be prevented suitably.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the electric vehicle concerning 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart which shows the flow of actuation of regeneration ECU 2.

[Drawing 3] It is the timing chart which shows the charging current of a cell, and change of an electrical potential difference.

[Drawing 4] It is the torque rotational frequency property Fig. showing a regeneration torque upper limit.

[Drawing 5] It is the conceptual diagram showing a Pbatt table.

[Drawing 6] It is drawing showing change of the oil pressure and regenerative-braking force allocation accompanying advance of braking with a torque rotational frequency property.

[Drawing 7] It is the timing chart which shows change of the oil pressure and regenerative-braking force allocation accompanying advance of braking.

[Description of Notations]

1 Master Cylinder, 2, 9, 10 3 Pressure Sensor, 4 Wheel Cylinder, 5 Six 7 A boost bulb, 8 A reducing valve, 12 Hydraulic pump, 13 A reservoir tank, 14 A FURUDO tank, 15 Change valve, 16 A motor, 17 An inverter, 18 A cell, 19 Motor ECU (electronic control unit) 20 Cell ECU, 21 Regeneration ECU and Pbatt Charge upper limit power, Tmax A regeneration torque upper limit, Treg Regeneration torque desired value, Thyd Oil pressure torque desired value.

[Translation done.]

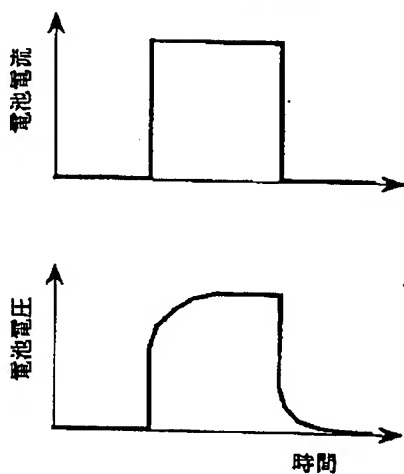
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

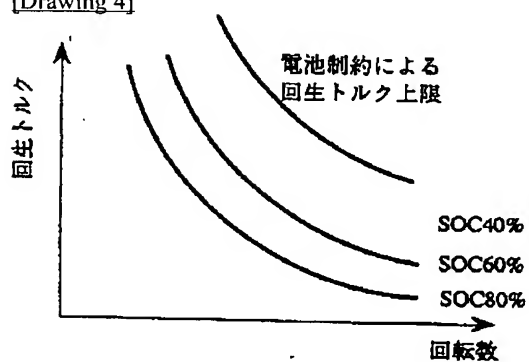
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

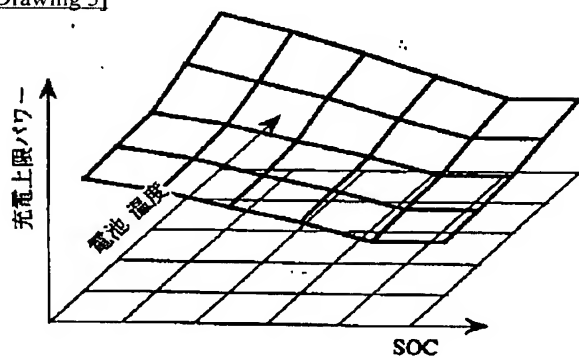
[Drawing 3]



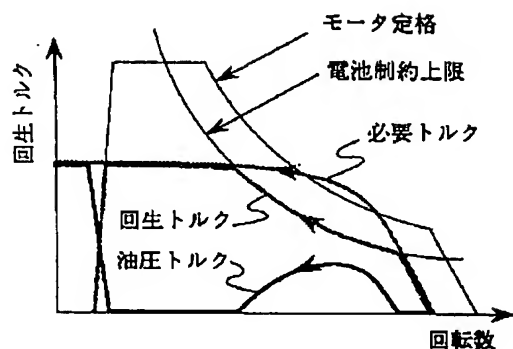
[Drawing 4]



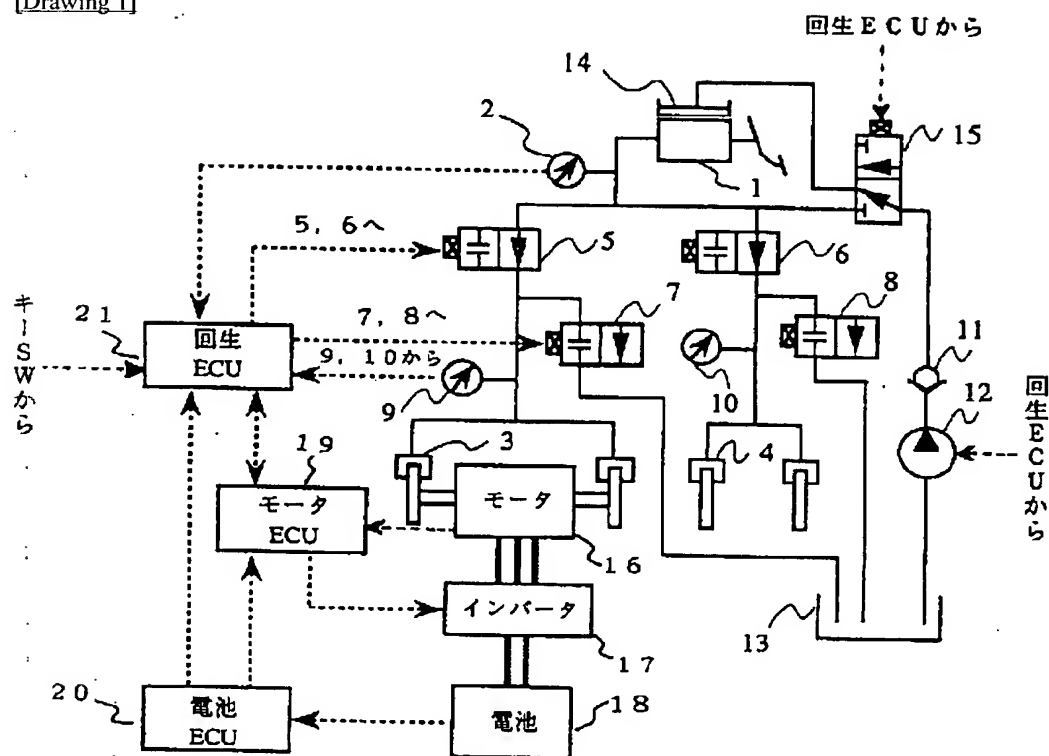
[Drawing 5]



[Drawing 6]

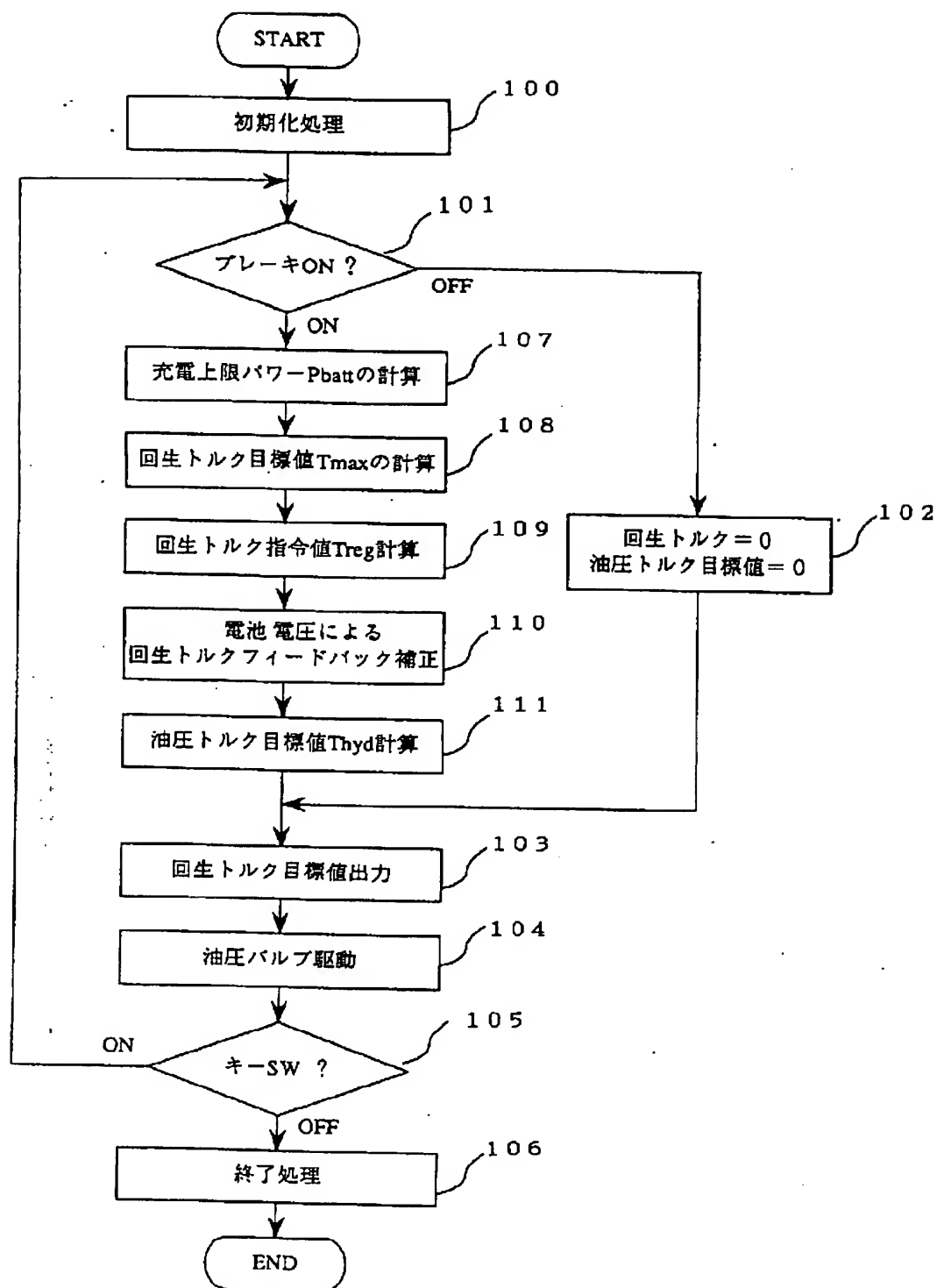


[Drawing 1]

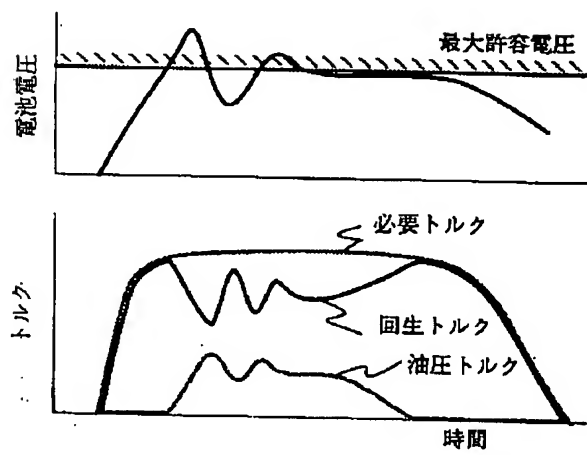


- 1 : マスタシリンダ
- 2 : マスタシリンダ圧力センサ
- 3 : フロントホイールシリンダ
- 4 : リアホイールシリンダ
- 5 : フロントホイールシリンダ増圧バルブ
- 6 : リアホイールシリンダ増圧バルブ
- 7 : フロントホイールシリンダ減圧バルブ
- 8 : リアホイールシリンダ減圧バルブ
- 9 : フロントホイールシリンダ圧力センサ
- 10 : リアホイールシリンダ圧力センサ
- 11 : チェックバルブ
- 12 : 油圧ポンプ
- 13 : リザーバタンク
- 14 : フルードタンク
- 15 : 切り替え弁

[Drawing 2]



[Drawing 7]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-74605

(43)公開日 平成9年(1997)3月18日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L 7/10			B 6 0 L 7/10	
			11/18	A
G 0 5 D 17/00			G 0 5 D 17/00	
H 0 2 P 3/18	1 0 1		H 0 2 P 3/18	1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-227825

(22)出願日 平成7年(1995)9月5日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 山岡 正明

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

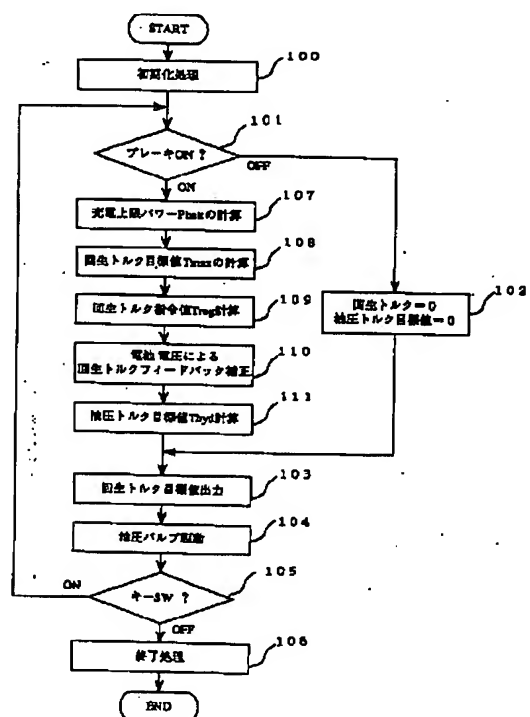
(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54)【発明の名称】 電気車両の回生制動制御装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 回生エネルギーを増大させる。

【解決手段】 電池のSOCや温度に応じ充電上限パワー P_{bat} を決定し(107)、これをモータ回転数で除して回生トルク上限値 T_{max} を求め(108)、これをモータ定格と比較することにより回生トルク目標値 T_{reg} を求める(109)。電池電圧をフィードバックすることにより回生トルク目標値 T_{reg} を補正した上で(110)、要求制動トルクからこれを減ずることにより油圧トルク目標値 T_{hyd} を求める(111)。回生トルク目標値 T_{reg} 及び油圧トルク目標値 T_{hyd} に従い回生トルク及び油圧トルクを制御する(102, 103)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 充放電可能な電池及び電池の放電出力により駆動されるモータを備えた電気車両に搭載され、要求制動力に応じて逐次決定される制御目標に従い、モータにて発生する回生制動力を制御する回生制動制御装置において、

電池の状態及びモータの回転数を検出する手段と、
電池の状態に基づき充電電力上限値を決定する手段と、
回生制動力の制御目標の上限を、充電電力上限値及びモータの回転数に基づき制限する手段と、
を備えることを特徴とする回生制動制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の回生制動制御装置において、
電池の電圧を検出する手段と、
電池の電圧が所定の最大許容値を上回った場合に回生制動力の制御目標を低減する手段と、
を備えることを特徴とする回生制動制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の回生制動制御装置において、
要求制動力から回生制動力の制御目標を減じた値を流体圧制動力の制御目標に設定する手段と、
上記電気車両の駆動輪に作用する流体圧制動力をその制御目標に従い増減制御する手段と、
を備えることを特徴とする回生制動制御装置。

【請求項 4】 充放電可能な電池及び電池の放電出力により駆動されるモータを備えた電気車両にて実行される回生制動制御方法において、
電池の状態及びモータの回転数を検出するステップと、
電池の状態に基づき充電電力上限値を決定するステップと、
充電電力上限値及びモータの回転数に基づきその上限を制限しながら、回生制動力の制御目標を要求制動力に応じて逐次決定するステップと、
モータにて発生する回生制動力をその制御目標に従い制御するステップと、
を有することを特徴とする回生制動制御方法。

【請求項 5】 請求項 4 記載の回生制動制御方法において、
電池の電圧を検出するステップと、
電池の電圧が所定の最大許容値を上回った場合に回生制動力の制御目標を低減するステップと、
を有することを特徴とする回生制動制御方法。

【請求項 6】 請求項 4 又は 5 記載の回生制動制御方法において、
要求制動力から回生制動力の制御目標を減じた値を流体圧制動力の制御目標に設定するステップと、
上記電気車両の駆動輪に作用する流体圧制動力をその制御目標に従い増減制御するステップと、
を有することを特徴とする回生制動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気車両に搭載される回生制動制御装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】鉛電池、NiMH電池等の二次電池を充電するに当たっては、過充電を避けねばならない。仮に顕著な過充電状態にいたると、この種の電池の内部では電解液の分解によりガスが発生する。このガス発生は、電池の寿命の短縮を招く。他方、電気自動車等、モータにて推進力を発生させる電気車両では、制御方法の一つとして、車両走行用のモータにて回収した制動エネルギーにて電池を充電する回生制動が用いられる。特開平 5-161215 号公報に開示されている装置では、電池の充電深度 (DOD) 又は充電状態 (SOC) 及び温度に応じて回生制動力 (トルク) の上限値を制限することにより、回生制動に伴う電池の過充電を好適に防止している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平 5-161215 号公報では、電池の DOD や SOC に応じ一律に回生制動力の上限値を制限しているため、実際にはまだ充電の余地があるにもかかわらず過充電防止のための回生制動力制限が施されることがあり、従って車両のエネルギー効率を改善する上で回生制動を十分に利用しているとはいえないという不具合があった。本発明は、このような問題点を解決することを課題としてなされたものであり、過充電防止のための回生制動力制限に新たな要素を導入することにより、回生制動に伴う電池の過充電を好適に防止すると同時に回生制動を車両のエネルギー効率の改善に最大限利用可能にすることを目的とする。本発明は、また、電池の特性の経時変化及びばらつきにも対処可能にすることを目的とする。本発明は、さらに、回生制動力を含めた合計の制動力を要求制動力を目標として正確に制御可能にすることを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の第 1 の構成は、充放電可能な電池及び電池の放電出力により駆動されるモータを備えた電気車両に搭載され、要求制動力に応じて逐次決定される制御目標に従い、モータにて発生する回生制動力を制御する回生制動制御装置において、電池の状態 (例えば SOC や温度) 及びモータの回転数を検出する手段と、電池の状態に基づき充電電力上限値を決定する手段と、回生制動力の制御目標の上限を、充電電力上限値及びモータの回転数に基づき制限する手段と、を備えることを特徴とする。このように、本構成においては、電池の状態に従い充電電力上限値が決定され、回生制動力と共に充電電力を左右する要素であるモータの回転数と、充電電力上限値と、に基づき、回生制動力の制御目標が上限制限される。従って、特開平 5-161215 号公報のよう

にモータの回転数にかかわらず一律に回生制動力を制限する構成と異なり、車両のエネルギー効率の改善に回生制動力を最大限に利用可能になる。無論、回生制動力に伴う電池の過充電も好適に防止される。

【0005】本発明の第2の構成は、第1の構成において、電池の電圧を検出する手段と、電池の電圧が所定の最大許容値を上回った場合に回生制動力の制御目標を低減する手段と、を備えることを特徴とする。従って、充電電力上限値及びモータの回転数に基づき回生制動力の制御目標の上限を制限したにもかかわらず電池の特性の経時変化やばらつきに起因して電池の電圧が所定の最大許容値を上回ってしまった場合にも、本構成において、回生制動力の制御目標の低減により、電池の過充電が好適に防止される。

【0006】本発明の第3の構成は、第1又は第2の構成において、要求制動力から回生制動力の制御目標を減じた値を流体圧制動力の制御目標に設定する手段と、上記電気車両の駆動輪に作用する流体圧制動力をその制御目標に従い増減制御する手段（例えば駆動輪に作用する流体圧を増やすバルブと減らすバルブ）と、を備えることを特徴とする。本構成においては、従って、要求制動力が回生制動力の制御目標の上限値を上回る分や、第2の構成における制御目標の低減の結果生じた回生制動力の低減分が、流体圧制動力で補われる。この結果、回生制動力及び流体圧制動力を含めた合計の制動力が、回生制動力の制限乃至変動にもかかわらず、要求制動力を目標として正確に制御される。

【0007】本発明の第4の構成は、充放電可能な電池及び電池の放電出力により駆動されるモータを備えた電気車両にて実行される回生制動力制御方法において、電池の状態及びモータの回転数を検出するステップと、電池の状態に基づき充電電力上限値を決定するステップと、充電電力上限値及びモータの回転数に基づきその上限を制限しながら、回生制動力の制御目標を要求制動力に応じて逐次決定するステップと、モータにて発生する回生制動力をその制御目標に従い制御するステップと、を有することを特徴とする。本発明の第5の構成は、第4の構成において、電池の電圧を検出するステップと、電池の電圧が所定の最大許容値を上回った場合に回生制動力の制御目標を低減するステップと、を有することを特徴とする。本発明の第6の構成は、第4又は第5の構成において、要求制動力から回生制動力の制御目標を減じた値を流体圧制動力の制御目標に設定するステップと、上記電気車両の駆動輪に作用する流体圧制動力をその制御目標に従い増減制御するステップと、を有することを特徴とする。これらの構成によれば、それぞれ第1乃至第3の構成に適する回生制動力制御方法が実現される。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態に関し図面に基づき説明する。

【0009】図1には、本発明の一実施形態に係る電気自動車のシステム構成が示されている。このシステムでは三相交流モータを車両走行用のモータ16として使用しており、モータ16はインバータ17を介して供給される電池18の放電出力により駆動される。モータECU（電子制御ユニット）19は、アクセルペダルの踏込量やシフト位置に応じて力行トルクの制御目標を決定する一方でモータ16の回転数 w_m を検出し、決定した力行トルク目標値及び検出したモータ回転数 w_m に基づきモータ電流の制御目標を求め、求めたモータ電流目標値に従いインバータ17による電力変換動作を制御する。これにより、アクセルペダルの踏込量等に応じた力行トルクがモータ16から出力される。上述の手順を実行するに際しては、モータECU19は、電池ECU20により検出される電池18のSOC、温度、電圧等を参照し、必要に応じ力行トルク目標値を補正する。

【0010】図1に示される車両は、制動手段として油圧制動（より一般には非圧縮性流体による流体圧制動）及び回生制動を搭載している。まず、油圧制動に係る油圧配管は、マスタシリンダ1からフロント側の増圧バルブ5を経てフロント側のホイールシリンダ3に、またリア側の増圧バルブ6を経てリア側のホイールシリンダ4に、それぞれ至っている。マスタシリンダ1は、車両操縦者によるブレーキペダルの踏込量に応じた油圧を発生させる。また、増圧バルブ5及び6は、回生ECU21からの指令に応じ開閉する。後述する減圧バルブ7を閉じている状態で増圧バルブ5を開くと、マスタシリンダ1からホイールシリンダ3に制動油が導入されるため、マスタシリンダ1における油圧上昇に応じてホイールシリンダ3の油圧も上昇する（増圧）。逆に、減圧バルブ7を閉じている状態で増圧バルブ5を閉じれば、マスタシリンダ1からホイールシリンダ3への制動油の導入が遮断されるため、マスタシリンダ1における油圧上昇にかかわらずホイールシリンダ3の油圧は保持される。増圧バルブ6も、同様に動作する。ホイールシリンダ3及び4は、それぞれ前輪又は後輪に油圧による制動トルク（以下油圧トルクと呼ぶ）を作用させる。なお、この図では前輪駆動車の例を示しているが、本発明は後輪駆動車や四輪駆動車にも適用できる。

【0011】油圧制動に係る油圧配管は、さらに、ホイールシリンダ3又は4からフロント側又はリア側の減圧バルブ7又は8を介してリザーバタンク13に至り、さらにリザーバタンク13から油圧ポンプ12、チェックバルブ11及び切り替え弁15を経てフルードタンク14又はマスタシリンダ1に至っている。減圧バルブ7及び8は、回生ECU21からの指令に応じ開閉する。増圧バルブ5を閉じかつ減圧バルブ7を開くと、ホイールシリンダ3からリザーバタンク13に制動油が排出されるため、マスタシリンダ1における油圧の発生如何にかかわらず、ホイールシリンダ3の油圧が下がる（減

圧)。油圧ポンプ12は、リザーバタンク13内に貯留されている制動油を、回生ECU21からの指令に応じ切り替え弁15側に送給する。切り替え弁15は、油圧ポンプ12から送給される制動油をフルードタンク14に排出するのかそれともマスタシリンダ1に導入するのかを、回生ECU21からの指令に応じ切り替える。チェックバルブ11は、切り替え弁15側から油圧ポンプ12側に制動油が導入されるのを防いでいる。

【0012】回生ECU21は、マスタシリンダ1における油圧を圧力センサ2により、ホイールシリンダ3における油圧を圧力センサ9により、ホイールシリンダ4における油圧を圧力センサ10により、それぞれ検出する。回生ECU21は、検出結果を利用して、回生による制動トルク（以下回生トルクと呼ぶ）の目標値及び油圧トルクの目標値を決定し、決定した回生トルク目標値をモータECU19に与えて回生制動を行わせる一方で、決定した油圧トルク目標値に従い増圧バルブ5及び6並びに減圧バルブ7及び8を制御する。回生ECU21は、また、油圧ポンプ12や切り替え弁15を適宜制御することにより、マスタシリンダ1のボトムング（制動油の不足）を防ぐ。

【0013】図2には、回生ECU21の動作の流れが示されている。回生ECU21は、動作開始直後にまず内部パラメタの設定等の初期化处理を実行した上で（100）、ブレーキペダルが踏まれているか否かを判定する（101）。この判定は、圧力センサ2により検出される油圧が所定値を超えているか否かの判定として、実現できる。無論、ブレーキペダルに付設されているブレーキスイッチ（図示せず）がオンしたことを以て、ブレーキペダルが踏まれたと判定してもよい。ブレーキペダルが踏まれていないときには、回生ECU21は回生トルク目標値 T_{reg} 及び油圧トルク目標値 T_{hyd} を共に0に設定し（102）、その上で、設定した回生トルク目標値 T_{reg} をモータECU19に与え（103）、同時に、設定した油圧トルク目標値 T_{hyd} に従いバルブ5～8を駆動する（104）。回生ECU21は、その際、必要に応じ油圧ポンプ12や切り替え弁15を駆動する。車両操縦者によりキースイッチがオフされると（105）、回生ECU21は所定の終了処理を実行し（106）、動作を終了する。キースイッチがオフされるまでは、回生ECU21はステップ101以降の動作を繰り返す。

【0014】ブレーキペダルが踏まれると、回生ECU21は、電池ECU20にて検出される電池18のSOC及び温度にて、内蔵する P_{batt} テーブルを参照することにより、充電上限パワー P_{batt} を決定する（107）。回生ECU21は、決定した充電上限パワー P_{batt} とモータ16のパワー定格 P_{mot} に基づき次の式

$$【数1】 P_{min} = \min(P_{batt}, P_{mot})$$

（但し \min は最小値関数）

の演算を実行することによりパワー制約値 P_{min} を求め、さらに、モータECU19により検出されたモータ回転数 w_m に基づき次の式

$$【数2】 T_{max} = P_{min} / w_m$$

の演算を実行することにより回生トルク上限値 T_{max} を決定する（108）。回生ECU21は、圧力センサ2により検出されるマスタシリンダ1の油圧 P_{mc} に油圧・トルク変換係数 K を乗ずることにより要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ を求め、求めた要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ と決定した回生トルク上限値 T_{max} に基づき次の式

$$【数3】 T_{reg} = \min(K \cdot P_{mc}, T_{max})$$

の演算を実行することにより回生トルク目標値 T_{reg} を決定する（109）。回生ECU21は、電池ECU20にて検出される電池18の電圧が所定の最大許容電圧を超えた場合に、前者から後者を減じた値 ΔV をトルクに換算し、換算により得られた値 ΔT に基づき次の式

$$【数4】 T_{reg} = T_{reg} - \Delta T$$

の演算を実行することにより回生トルク目標値 T_{reg} を補正する（110）。回生ECU21は、次の式

$$【数5】 T_{hyd} = K \cdot P_{mc} - T_{reg}$$

の演算を実行することにより、油圧トルク目標値 T_{hyd} を求める（111）。回生ECU21の動作は、この後ステップ103に移行する。

【0015】図3～図7には、この実施形態の動作原理及び利点が示されている。本実施形態で着目しているのは、①過充電を避けるためには、電池18の電圧が最大許容電圧を超えないようにすればよいこと、②できるだけ多くの制動エネルギーをモータ16から電池18へ回生するためには、回生トルクをできるだけ大きくする必要があること、③電池18の瞬時充電電力と電圧との間に相関があること、④電池18の瞬時充電電力がモータ回転数 w_m と回生トルクの関数であること、⑤従ってできるだけ多くの制動エネルギーを回生しながら過充電を避けるためには、電池18の電圧が最大許容電圧を超えない範囲でできる限り高い電圧となるよう、回生トルクを制御すればよいこと、である。

【0016】まず、電池18の電圧は充電電流の変化に対し一次遅れ応答特性（又はこれに類似する特性）に従い応答する（図3参照）。従って、電池18の電圧は充電電流変化から例えば5秒程度の時間が経過した時点で安定し、電池18の充電電流と電圧の積として与えられる電池18の瞬時充電電力もその時点で安定する。電池18の過充電を防止するためには、安定後の電圧が最大許容電圧を超えないよう、ひいては安定後の瞬時充電電力が最大許容電圧相当の瞬時充電電力（すなわち前述の充電上限パワー P_{batt} ）を超えないようにすればよい。電池18の瞬時充電電力は、他方で、モータ16の出力トルク（この場合は回生トルク）とモータ回転数 w_m との積でも定まる（図4参照）。従って、電池18の

過充電を防止する際、電池 18 の SOC 等に応じ最大許容電圧相当の充電上限パワー P_{batt} を定めた上で、この充電上限パワー P_{batt} 及びモータ回転数 w_m に基づき回生トルク目標値 T_{reg} を決定するようにすれば、電池 18 の過充電を防止できる範囲内でさらに回生トルクを最大の値とすることができ、ひいては最大のエネルギーを電池 18 に回生できる。図 5 に示される P_{batt} テーブルは、最大許容電圧相当の充電上限パワー P_{batt} を定めるべくステップ 107 にて使用可能なテーブルの一例である。このテーブルでは、電池 18 の SOC 及び温度を充電上限パワー P_{batt} と対応付けている。通常の二次電池では、SOC の上昇又は温度の低下に伴い充電の余地がなくなるため、図 3 に示されるテーブルは、SOC の上昇に伴い充電上限パワー P_{batt} が減少し、かつ温度の上昇に伴い増大するように設計されている。なお、SOC に代え電池 18 の電解液比重等の量を用いてもよい。

【0017】図 6 及び図 7 には、制動の進行に伴う油圧・回生間の制動力配分の変化が示されている。ここでは、モータ 16 として、モータ回転数 w_m が高い領域では回生トルクの上限值がモータ定格 P_{mot} により制約され、モータ回転数 w_m が低い領域では回生トルクの上限值がモータ最大回生トルクにより制約され、モータ回転数 w_m が極めて低い領域では回生トルク出力が禁止されたトルク回転数特性を有するモータを想定している。

【0018】図 6 に示されるようにモータ 16 が高速回転している状態でブレーキペダルが踏み込まれると、要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ が回生トルク上限値 T_{max} に至るまでは、 $T_{reg} = K \cdot P_{mc}$ 、 $T_{hyd} = 0$ となり、要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ が回生のみにより賄われる。この状態では、回生 ECU 21 は増圧バルブ 5 及び減圧バルブ 7 を閉じる。その後要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ が回生トルク上限値 T_{max} を上回ると、 $T_{reg} = T_{min}$ 、 $T_{hyd} = K \cdot P_{mc} - T_{min}$ となり、要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ の一部が油圧により賄われ始める。この状態では、 $K \cdot P_{mc} - T_{min}$ が増加している間は回生 ECU 21 は増圧バルブ 5 を開き減圧バルブ 7 を閉じる。逆に、 $K \cdot P_{mc} - T_{min}$ が減少している間は回生 ECU 21 は増圧バルブ 5 及び減圧バルブ 7 を開く。モータ回転数 w_m の低下に伴い要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ が回生トルク上限値 T_{max} を下回ると、再び $T_{reg} = K \cdot P_{mc}$ 、 $T_{hyd} = 0$ となる。その後、モータ回転数 w_m が極めて低い領域に至ると、 $T_{reg} = 0$ 、 $T_{hyd} = K \cdot P_{mc}$ となり、要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ が油圧のみによって賄われる。このような制動の経過から明らかなように、本実施形態においては、ホイールシリンダ 3 の油圧を減圧することが可能であるため、回生トルク上限値 T_{max} に従い回生トルク目標値 T_{reg} を制限しているにもかかわらず、油圧・回生合計の制動トルクを常に要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ に一

致させることができる。また、ホイールシリンダ 3 の油圧を減圧するのに応じホイールシリンダ 4 の油圧を減圧することが可能であるため、前後輪間の制動力配分を常に良好な値とすることができる。

【0019】また、図 7 に示されるように、特性のばらつきや経時変化に起因して、電池 18 の電圧が一時的に最大許容電圧を超えた場合、前述のステップ 110 の動作により、回生トルクにこれを補償するフィードバックが施される。従って、電池 18 の電圧が最大許容電圧を超える状況が長く続くことはない。すなわち、電池 18 の特性のばらつきや経時変化にかかわらず常に過充電を防止できる。また、ステップ 110 による電圧フィードバックは、回生トルク上限値 T_{max} に従い回生トルク目標値 T_{reg} を制限した上で実行しているから、前述の ΔV は小さな値であり、従ってステップ 110 による電圧フィードバックのゲインは小さくすることができる。これにより、電圧フィードバックに係る制御系を安定化することができる。さらに、電圧フィードバックにより回生トルクが変動するが、これを補うよう油圧トルクが変動するから、常に要求制動トルク $K \cdot P_{mc}$ を実現することができる。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の第 1 及び第 4 の構成によれば、電池の状態に従い充電電力上限値を決定し、回生制動力と共に充電電力を左右する要素であるモータの回転数と、充電電力上限値と、に基づき、回生制動力の制御目標を上制限するようにしたため、回生制動に伴う電池の過充電を好適に防止しながら、車両のエネルギー効率の改善に回生制動を最大限に利用することが可能になる。

【0021】本発明の第 2 及び第 5 の構成によれば、電池の電圧が所定の最大許容値を上回った場合に回生制動力の制御目標を低減するようにしたため、充電電力上限値及びモータの回転数に基づき回生制動力の制御目標の上限を制限したにもかかわらず電池の特性の経時変化やばらつきに起因して電池の電圧が所定の最大許容値を上回ってしまった場合にも、電池の過充電を好適に防止できる。

【0022】本発明の第 3 及び第 6 の構成によれば、要求制動力から回生制動力の制御目標を減じた値に従い、液体圧制動力を増減制御するようにしたため、要求制動力が回生制動力の制御目標の上限値を上回る分や、第 2 の構成における制御目標の低減の結果生じた回生制動力の低減分を、流体圧制動力で補うことができ、回生制動力及び流体圧制動力を含めた合計の制動力を、回生制動力の制限乃至変動にもかかわらず、要求制動力を目標として正確に制御できる。

【0023】

【補遺】本発明は、次のような構成としても把握することができる。

【0024】本発明の第7の構成は、第3又は第6の構成において、流体圧制動力の制御目標が増大したとき、目標制動力に相当する流体圧を発生させる液体圧発生部材（例えばマスタシリンダ）から上記電気車両の駆動輪に流体圧を作用させる流体圧作用部材（例えばホイールシリンダ）へと例えば増圧バルブにより制動用非圧縮性流体を導入し、流体圧制動力の制御目標が減少したとき、流体圧作用部材から所定のタンク部材（例えばリザーバタンク）へと例えば減圧バルブにより制動用非圧縮性流体を排出し、流体圧発生部材が制動用非圧縮性流体の導入を要求しているとき、流体圧作用部材から排出された後タンク部材に貯溜されている制動用圧縮性流体を例えばポンプにより流体圧発生部材に導入することを特徴とする。本構成によれば、制動用非圧縮性流体を有効利用でき、また、流体圧発生部材における制動用非圧縮性流体のボトミングを好適に防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態に係る電気自動車の構成を示すブロック図である。

【図2】 回生ECU 2の動作の流れを示すフローチャ*20

ートである。

【図3】 電池の充電電流及び電圧の変化を示すタイミングチャートである。

【図4】 回生トルク上限値を示すトルク回転数特性図である。

【図5】 P_{batt} テーブルを示す概念図である。

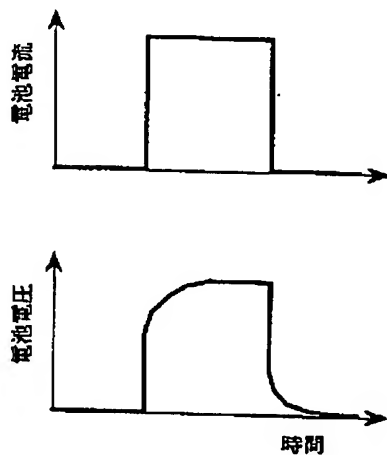
【図6】 制動の進行に伴う油圧・回生制動力配分の変化を、トルク回転数特性と共に示す図である。

【図7】 制動の進行に伴う油圧・回生制動力配分の変化を示すタイミングチャートである。

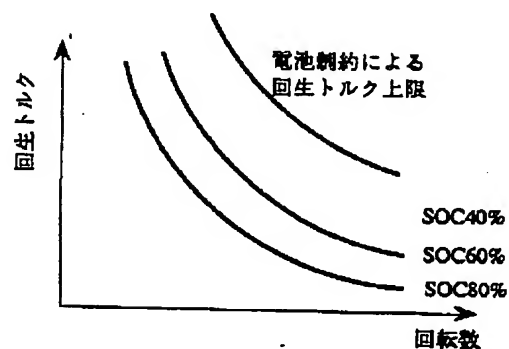
【符号の説明】

1 マスタシリンダ、2、9、10 圧力センサ、3、4 ホイールシリンダ、5、6 増圧バルブ、7、8 減圧バルブ、12 油圧ポンプ、13 リザーバタンク、14 フルードタンク、15 切り替え弁、16 モータ、17 インバータ、18 電池、19 モータECU（電子制御ユニット）、20 電池ECU、21 回生ECU、 P_{batt} 充電上限パワー、 T_{max} 回生トルク上限値、 T_{reg} 回生トルク目標値、 T_{hyd} 油圧トルク目標値。

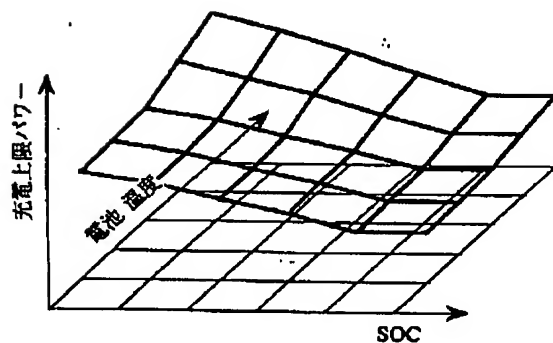
【図3】



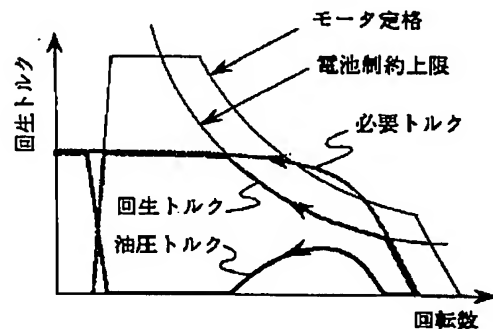
【図4】



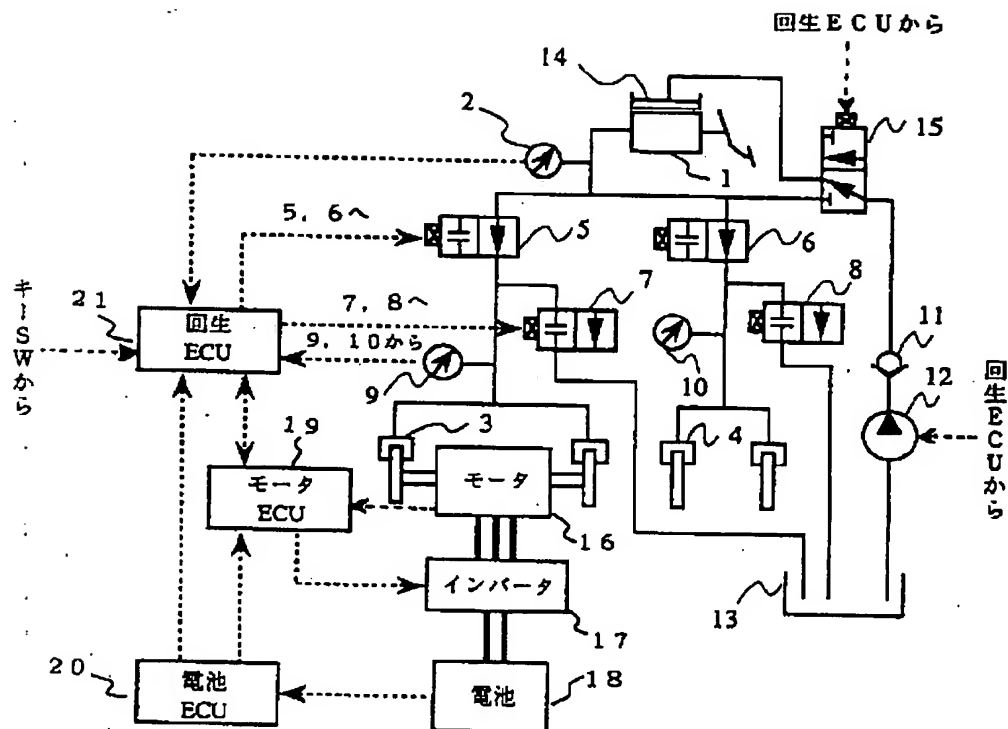
【図5】



【図6】

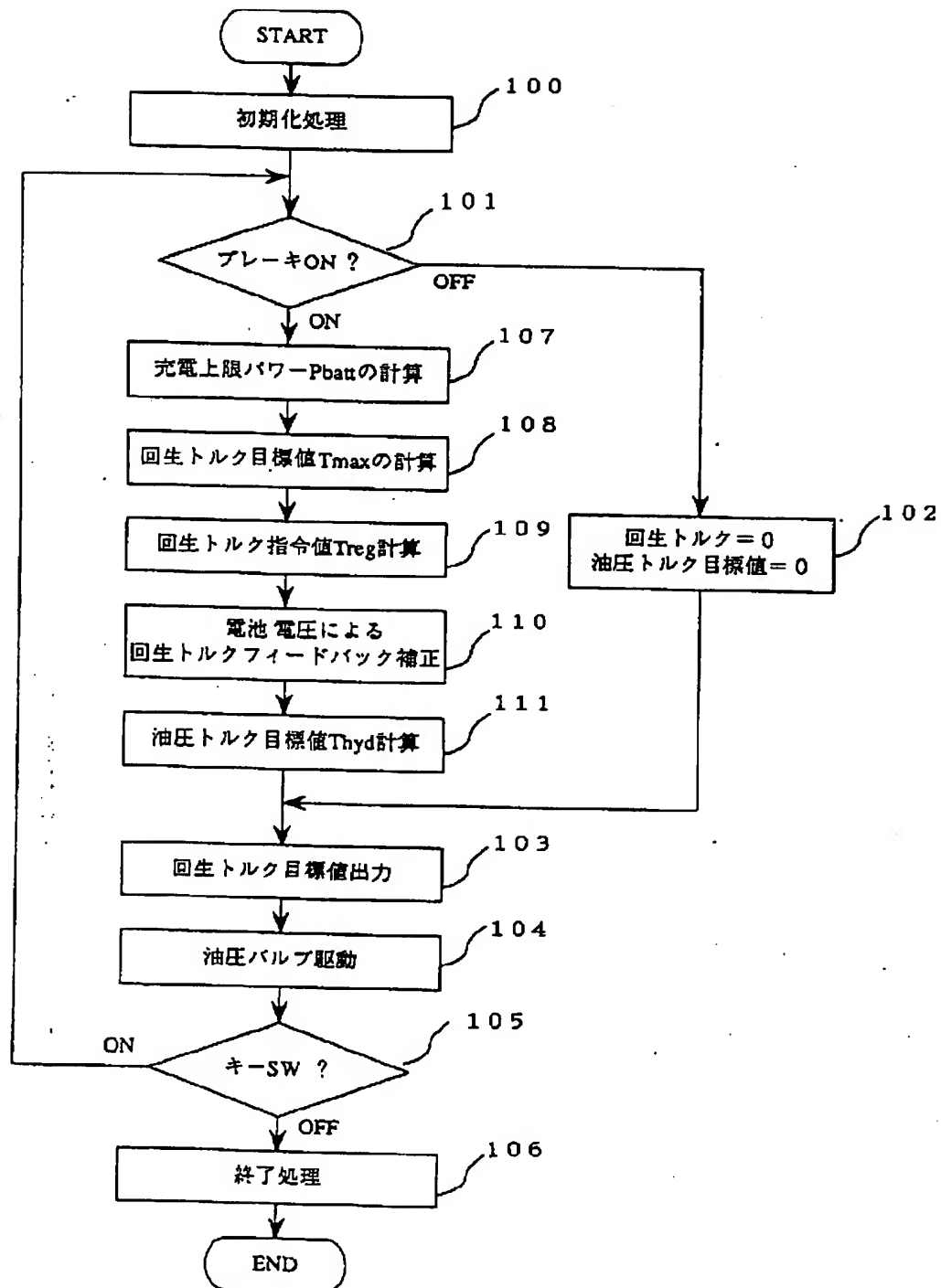


【図1】



- 1 : マスタシリンダ
- 2 : マスタシリンダ圧力センサ
- 3 : フロントホイールシリンダ
- 4 : リアホイールシリンダ
- 5 : フロントホイールシリンダ増圧バルブ
- 6 : リアホイールシリンダ増圧バルブ
- 7 : フロントホイールシリンダ減圧バルブ
- 8 : リアホイールシリンダ減圧バルブ
- 9 : フロントホイールシリンダ圧力センサ
- 10 : リアホイールシリンダ圧力センサ
- 11 : チェックバルブ
- 12 : 油圧ポンプ
- 13 : リザーバタンク
- 14 : フルードタンク
- 15 : 切り替え弁

【図2】



【図7】

